

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-163525

(43)公開日 平成10年(1998)6月19日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 33/00

識別記号

F I
H O 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-320372

(22)出願日 平成8年(1996)11月29日

(71)出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 發明者 畑 雅幸

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

(72)発明者 竹内 邦生

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

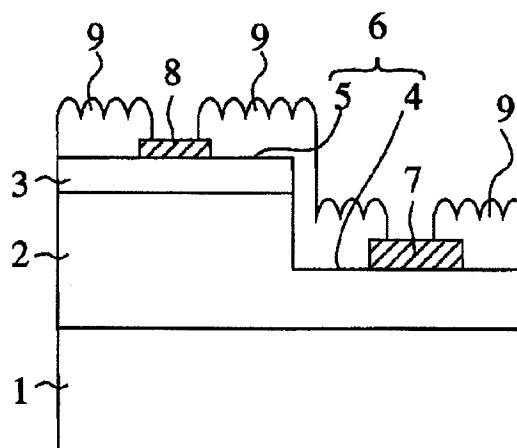
(74)代理人 弁理士 安富 耕二 (外1名)

(54) 【発明の名称】 発光装置

(57) 【要約】

【課題】 外部への光取り出し効率が高く、且つ、制御性良く容易に製造可能な発光装置を提供する。

【解決手段】 発光層2、3で発生した光を光取り出し面6を通して外部へ放射させる発光装置であって、前記光取り出し面6上に、光散乱層9を備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光層で発生した光を光取り出し面を通して外部へ放射させる発光装置であって、前記光取り出し面上に、光散乱層を備えることを特徴とする発光装置。

【請求項2】 前記光散乱層が絶縁性を有することを特徴とする請求項1記載の発光装置。

【請求項3】 前記光散乱層が凹凸表面を有することを特徴とする請求項1または2記載の発光装置。

【請求項4】 前記光散乱層の凹凸表面の凸部が、球状の粒子の一部から構成されたことを特徴とする請求項3記載の発光装置。

【請求項5】 前記光散乱層は、前記光取り出し面上に島状に設けられた複数の凸領域と、該複数の凸領域の表面を覆って前記光取り出し面上に備えられた薄膜層と、からなることを特徴とする請求項3記載の発光装置。

【請求項6】 前記凸領域が $MgAl_2O_4$ からなることを特徴とする請求項5記載の発光装置。

【請求項7】 前記凹凸の幅及び段差が、前記発光層で発生する光の波長を前記光散乱層の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴とする請求項3乃至6記載の発光装置。

【請求項8】 前記光散乱層が、薄膜層と、該薄膜層中に設けられた、当該薄膜層と異なる屈折率を有する複数の屈折領域と、からなることを特徴とする請求項1または2記載の発光装置。

【請求項9】 前記屈折領域が略球状であることを特徴とする請求項8記載の発光装置。

【請求項10】 前記屈折領域の直径は、前記発光層で発生する光の波長を前記屈折領域の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴とする請求項9記載の発光装置。

【請求項11】 前記光散乱層が、内部に複数の反射領域が設けられた薄膜層からなることを特徴とする請求項1または2記載の発光装置。

【請求項12】 前記反射領域が金属からなることを特徴とする請求項11記載の発光装置。

【請求項13】 前記反射領域が略球状であることを特徴とする請求項11または12記載の発光装置。

【請求項14】 前記反射領域の直径は、前記発光層で発生する光の波長を前記屈折領域の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴とする請求項13記載の発光装置。

【請求項15】 前記発光層は、ガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム(GaN)系半導体からなることを特徴とする請求項1乃至14記載の発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、発光層で発生した

光を光取り出し面を通して外部へ放射させる発光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】発光素子の代表的なものとしては、半導体を用いた半導体レーザ(LED)や発光ダイオード(LED)が知られている。LEDは、位相の揃った光が得られることから、光通信の光源やコンパクトディスク等の記録再生装置用の光源として応用されている。

【0003】一方、LEDは、低消費電力、長寿命という特徴を有し、表示用光源、例えば駅構内の表示板や屋外広告板等に使用されている。このような応用上、特に屋外での使用のためには、高輝度LEDが必要である。

【0004】近年、高輝度青色LEDが開発されるに至って、LEDのフルカラー大型ディスプレイへの応用が期待されている。しかしながら、既存のCRT方式等を用いたフルカラー大型ディスプレイと競合するために、LEDの更なる高輝度、低消費電力化が望まれる。

【0005】これを実現するための一つの技術的手段は、LEDの外部への光取り出し効率を高めることである。この例として、特開平6-291368(H01L33/00)号には、サファイア基板上にガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム(GaN)系半導体層を形成してなるLED装置において、GaN系半導体各層を結晶成長後に表面をエッチングするか、あるいは、サファイア基板のC面からのオフ基板上にGaN系半導体各層を結晶成長することにより、光取り出し面側の半導体層表面に凹凸を形成する方法が提案されている。

【0006】このような凹凸を設けることにより、光取り出し効率が高まるメカニズムを、図7に示したLED装置の模式断面図を用いて説明する。尚、図7(a)は半導体表面が平坦な従来のLED装置を、また同図(b)は半導体表面に凹凸面が設けられたLED装置をそれぞれ示している。

【0007】同図中、101は基板、102は基板101上に形成されたn型GaN系半導体層、103はn型半導体層102上に形成されたp型GaN系半導体層である。また、104はn型GaN系半導体層102の側面上に形成されたn型側電極、105はp型GaN系半導体層103上に形成されたp型側電極である。

【0008】これらの電極104、105間の順方向に電圧を印加することにより、このLED装置は動作し、n型半導体層102とp型半導体103との界面(pn接合界面)近傍で発生した光が光取り出し面103aを通して外部に取り出されるが、外部と半導体層103の屈折率が異なるために、前記光取り出し面103a表面上で光が屈折あるいは反射するため、一部の光は外部に取り出すことができない。

【0009】また、図7(a)中、106はn型半導体層102とp型半導体103との界面近傍で発生した光

が光取り出し面103a表面上で屈折し、該表面に沿って進行する光であり、この時の光取り出し面103a表面に対する光の入射角を臨界角と呼ぶ。

【0010】図7(a)に示した従来のLED装置の場合には、この臨界角より深い角度で光取り出し面103aに入射した光107は、光取り出し面103a表面で屈折し、外部へ取り出される。一方、臨界角より浅い角度で入射した光108は光取り出し面103a表面で反射され、前記光取り出し面103a表面、基板101と半導体層102との界面、あるいは、基板101の裏面で多重反射し、半導体層102、103、あるいは、基板101により吸収されてしまうために外部に取り出すことができなかった。

【0011】これに対し、図7(b)に示した光取り出し面103aが凹凸を有する場合には、図7(a)に示した光108とほぼ同じ角度で光取り出し面103aに向かって進行する光109は、光取り出し面103aが凹凸を有するために、該表面103aに対する光109の入射角が前記臨界角より深くなり、外部に取り出されることとなる。

【0012】即ち、光取り出し面103a表面が平坦であれば取り出すことができない光108を、光取り出し面103a表面に凹凸を設けることにより取り出すことができる、従ってLED装置の外部への光取り出し効率を高めることができるのである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、GaN系半導体各層102、103を結晶成長後に光取り出し面であるp型GaN系半導体層表面103aをエッチングする方法では、GaN系半導体のエッチング速度が遅く、精密な加工が困難である、あるいは、エッチングによる結晶への加工損傷がLED装置の表面略全域(103a)に渡って導入されるため発光効率の低下を招く恐れがある、等の課題があった。

【0014】また、サファイア基板のC面からのオフ基板上にGaN系半導体各層を結晶成長することにより、光取り出し面103aに凹凸を形成する方法では、該凹凸は結晶成長により自然に形成されるが、通常のLEDには μm オーダーの結晶成長が必要であり、該結晶成長過程のいかなる時点で凹凸が形成されるかが明らかでない、その寸法を制御することが困難である。この結果、外部への光取り出し効率が十分に向上できない可能性があった。

【0015】本発明は、上述の問題点を鑑み成されたものであり、外部への光取り出し効率が高く、且つ、制御性良く容易に製造可能な発光装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の発光装置は、発光層で発生した光を光取り出し面を通して外部へ放射さ

せる発光装置であって、前記光取り出し面上に、光散乱層を備えることを特徴としており、前記光散乱層が絶縁性を有することを特徴としている。

【0017】また、前記光散乱層が凹凸表面を有することを特徴としている。

【0018】この時、本発明は前記光散乱層の凹凸表面の凸部が、球状の粒子の一部から構成されたことを、或いは前記光散乱層は、前記光取り出し面上に島状に設けられた複数の凸領域と、該複数の凸領域の表面を覆って前記光取り出し面上に備えられた薄膜層と、からなること、前記凸領域が MgAl_2O_4 からなることを特徴としている。

【0019】さらには、前記凹凸の幅及び段差が、前記発光層で発生する光の波長を前記光散乱層の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴としている。

【0020】また、本発明は、前記光散乱層が、薄膜層と、該薄膜層中に設けられた、当該薄膜層と異なる屈折率を有する複数の屈折領域と、からなることを特徴としており、前記屈折領域が略球状であることを、さらには前記屈折領域の直径は、前記発光層で発生する光の波長を前記屈折領域の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴としている。

【0021】また、本発明は、前記光散乱層が、内部に複数の反射領域が設けられた薄膜層からなることを特徴としており、前記反射領域が金属からなることを、前記反射領域が略球状であることを、さらには前記反射領域の直径は、前記発光層で発生する光の波長を前記屈折領域の屈折率の平方根で除した値に等しいか、あるいは大きいことを特徴としている。

【0022】加えて、本発明は、前記発光層が、ガリウム(Ga)と窒素(N)を含む窒化ガリウム(GaN)系半導体からなることを特徴としている。

【0023】

【発明の実施の形態】

【実施形態1】図1は、第1の実施形態に係わるGaN系半導体からなるLED発光装置の模式断面図である。

【0024】図1中、1はサファイア基板、2は基板1上に形成された層厚 $3\mu\text{m}$ のn型GaN層、3はn型GaN層2上に形成された層厚 $0.2\mu\text{m}$ のp型GaN層、4はn型GaN層2が露出するように、p型GaN層3からn型GaN層2の層中の所定位置に至って除去されてなるn型側電極形成領域、及び、5は前記除去により同時に形成されるp型電極形成領域である。

【0025】ここで、n型及びp型GaN層2及び3が本発光装置の発光層に対応し、p型側電極形成領域5からn型電極形成領域4に至る領域が光取り出し面6となる。

【0026】7はn型側電極形成領域4上に形成されたTiからなるn型側電極、8はp型側電極形成領域5上

に形成されたAuとNiからなるp型側電極である。

【0027】9は光取り出し面6の略全域に形成された二酸化珪素(SiO_2)からなる光散乱層であり、本実施形態にあつては該光散乱層が、幅及び段差がそれぞれ約0.3 μm の凹凸表面を有している。

【0028】尚、本実施形態にあつては上記光散乱層9をn型側電極7及びp型側電極8に跨って形成しているため、これら両電極7及び8間の短絡を防止するために光散乱層9を SiO_2 の絶縁膜から構成しているが、片側の電極上のみ形成する場合にあつては光散乱層9を特に絶縁膜から構成する必要はなく、透光性を有する材料から構成すればよい。

【0029】斯る発光装置の一製造工程を図2を用いて簡単に説明する。尚、図1と同じ部分は、同一の符号を付す。

【0030】まず、図2(a)に示す第1工程では、サファイア基板1上全面に成長温度1000℃にてMOCVD(有機金属気相堆積)法により、層厚3 μm のn型Ga N 層2、層厚0.2 μm のp型Ga N 層3をこの順序で結晶成長する。ここで、n型及びp型ドーパントには、それぞれ、Si及びMgを用いる。

【0031】次に、図2(b)に示す第2工程では、フォトリソグラフィによりp型Ga N 層3上の所望の領域をp型側電極形成領域5として残して、 Cl_2 (塩素)を反応性ガスとして用いて、RIE(反応性イオンビームエッチング)法により、前記p型Ga N 層3とn型Ga N 層2の層厚約2 μm を除去し、n型側電極形成領域4を形成し、続いて、p型Ga N 層16のキャリアを活性化するために、窒素ガス雰囲気中700℃にて熱処理を行う。

【0032】次に、図2(c)に示す第3工程では、n型側電極形成領域4上にTiからなるn型側電極7、p型側電極形成領域5上にAuとNiからなるp型側電極8を真空蒸着にて形成する。

【0033】更に、図2(d)に示す第4工程では、前記構造の表面全域に層厚0.6 μm の SiO_2 からなる絶縁膜9aを真空蒸着する。

【0034】その後、図2(e)に示す第5工程では、前記絶縁膜9a表面に、干渉露光法を用いたフォトリソグラフィと、フッ酸系のエッチャントを用いたウェットエッチングにより、幅及び段差がそれぞれ約0.3 μm の凹凸を形成することにより、凹凸表面を有する光散乱層9を作製する。

【0035】最後に、第6工程では、n型側、p型側電極7、8上方の前記光散乱層9の一部を、フォトリソグラフィとフッ酸系のエッチャントを用いたウェットエッチングにより、電極へのコンタクト用に除去して、図1に示すLED発光装置が得られる。

【0036】本実施形態の発光装置は、通常のLED装置と全く同様にして、前記電極7、8間の順方向に電圧

を印加することにより、n型Ga N 層2とp型Ga N 層3との界面(p n 接合界面)近傍で光が発生する。

【0037】ここで上述のように、光散乱層9を有さない通常の発光装置では、前記p n 接合界面近傍で発生した光の内、光取り出し面6に対して臨界角より浅い角度で入射した光は、光取り出し面6で発光装置内部方向へ反射されるため、外部へ取り出すことができない。これに対し、本実施形態の発光装置は凹凸表面を有する光散乱層9を備えるので、前記通常の発光装置では臨界角より浅い角度で入射するはずの光が、臨界角より深い角度で入射するようになり、外部へ取り出されることとなる。この結果、本発光装置では、外部への光取り出し効率を向上することができる。

【0038】また、本実施形態の発光装置が備える光散乱層9は、 SiO_2 からなるのでGa N 系半導体に比して、エッチング加工が容易であり、凹凸表面を短時間で制御性良く形成できる。従って、本発明により、寸法精度の優れた凹凸表面を有する光散乱層9を備えた発光装置を容易に製造できる。

【0039】更に、前記凹凸表面は、Ga N 半導体層3の表面ではなく、光散乱層9表面に形成するので、Ga N 層2、3に加工損傷を導入することがなく、従って、本発光装置の発光効率が低下することがない。

【0040】加えて、本実施形態の発光装置は、Ga N 層2、3表面が、n型側、p型側電極7、8、及び光散乱層9により完全に覆われているので、大気にされることに因る酸化を防止でき、発光装置の特性が安定化される効果も得られる。

【0041】尚、前記光散乱層9による外部への光取り出し効率向上効果をより高めるためには、前記光散乱層9が有する凹凸の幅(t_1)及び段差(t_2)が、LED装置の発光波長 λ 及び光散乱層9の屈折率 n に対して、数1を満足することが好ましい。

【0042】

【数1】

$$t_i \geq \lambda / (n)^{1/2} \quad (i=1, 2)$$

【0043】本実施形態においては、 λ が0.36 μm 、 n が1.45であるので、 t_1 及び t_2 は前記式より0.3 μm と算出されるので、前記光散乱層9が有する凹凸の幅及び段差を0.3 μm とした。

【0044】また、本実施形態では光散乱層9に、 SiO_2 を用いたが、窒化珪素等の他の絶縁物を用いても良い。

【0045】更に、上述では、LED発光装置について説明したが、面発光レーザ等の他の発光装置においても適宜用いることができ、また、Ga N 系半導体以外の材料からなるものに限らず、発光装置全般に用いることができる。

【0046】[実施形態2] 図3は、第2の実施形態に係わるGa_{0.5}N_{0.5}系半導体からなるLED発光装置の模式断面図である。尚、本実施形態が図1に示した実施形態1と異なるのは、光散乱層の形状、及びその形成方法のみであるので、図1と同じ部分には同一の符号を付して説明を割愛する。

【0047】図3中、11がSiO₂からなる光散乱層であり、該光散乱層11は光取り出し面6上に形成された直径約0.3μmの略球状をした球状部11aと膜厚約0.15μmの薄膜部11bにより構成されており、上記球状部11aの一部が光散乱層11の凸部を構成している。

【0048】欺る発光装置の一製造工程を簡単に説明する。

【0049】本実施形態の発光装置の第1〜3工程では、実施形態1で説明した一製造工程の第1〜3工程(図2(a)〜(c))と同様の工程を行う。

【0050】次に、第4工程では、光取り出し面6上、及び、該面6上の一部に形成されたn型側、p型側電極7、8の表面全域に、SiO₂系被膜形成用塗布液(東京応化工業社製OCD)中に粒径が約0.3μmのSiO₂からなる粒子を混合した溶液を、スピコート法にて塗布する。

【0051】その後、第5工程では、窒素ガス雰囲気中450℃にて30分間ベーキングを行い、前記溶液中の溶媒を蒸発させることにより、直径約0.3μmの略球状をした球状部11aの略半分を凸部として有する光散乱層11を形成する。

【0052】最後に、第6工程では、n型側、p型側電極7、8上方の前記光散乱層11の一部を、フォトリソグラフィとフッ酸系のエッチャントを用いたウェットエッチングにより、電極へのコンタクト用に除去して、図3に示す発光装置が得られる。

【0053】本実施形態の発光装置は、表面に凹凸表面を有する光散乱層11を備えるので、実施形態1の発光装置と同様に、外部への光取り出し効率を向上することができる。

【0054】また、Ga_{0.5}N_{0.5}層2、3に加工損傷を導入することがなく、本発光装置の発光効率を低下させることがない。

【0055】更に、Ga_{0.5}N_{0.5}層2、3表面の酸化が防止されるので、発光装置の特性が安定化される効果がある。

【0056】また、本実施形態においては、粒径の揃った粒子を含有する溶媒をスピコート法により塗布し、これをベーキングすることで光散乱層11を形成するので、凹凸の寸法精度は良好である。これに加えて、凹凸を形成するためにフォトリソグラフィとエッチング工程を必要としないので、実施形態1の発光装置より更に製造が簡略化される。

【0057】尚、前記光散乱層11による外部への光取

り出し効率向上効果をより高めるためには、前記光散乱層11が有する凹凸の幅(t_1)及び段差(t_2)が、LED装置の発光波長 λ 及び光散乱層9の屈折率 n に対して、前述の実施形態1と同様数1を満足することが好ましい。

【0058】また、本実施形態では光散乱層11の形成にSiO₂系被膜形成用塗布液を用いたが、ポリイミド系樹脂等の他の材料からなる被膜形成用塗布液を用いても良い。加えて、光散乱層11の球状部11aを、SiO₂からなる粒子としたが、例えば炭素(C)等の他の材料からなる粒子を用いても良い。

【0059】更に、上述では、LED発光装置について説明したが、面発光レーザ等の他の発光装置に適宜用いることができる。

【0060】加えて、本発明は、Ga_{0.5}N_{0.5}系半導体以外の材料からなるものに限らず、他の発光装置に対しても用いることができる。

【0061】[実施形態3] 図4は、第3の実施形態に係わるGa_{0.5}N_{0.5}系半導体からなるLED発光装置の模式断面図である。尚、同図において、図3に示した実施形態2と同じ部分には同一の符号を付して説明を割愛する。

【0062】図4中、21aはSiO₂からなる薄膜層、21b…は該薄膜層21a中に設けられた、当該薄膜層21aと異なる屈折率を有する複数の屈折領域であり、本実施形態にあつてはダイヤモンドから構成されている。そして、前記絶縁層21a及び屈折領域21b…から光散乱層21が構成されている。

【0063】ここで、本実施形態にあつては前記屈折領域21b…を略球状とし、その直径を約0.3μm、また薄膜層21aの膜厚を約0.6μmとしたので、屈折領域21b…は薄膜層21aに埋没した形態となっている。

【0064】欺る発光装置は、上述の実施形態2の一製造工程の第4工程において、スピコートを行う際のスピナーの回転速度を小さくする以外は、上記製造工程と同様にして製造される。

【0065】次に、本実施形態の光散乱層21により光取り出し効率が向上するメカニズムを図5(a)を用いて簡単に説明する。

【0066】薄膜層21aを構成するSiO₂の屈折率は1.45であり、屈折領域21b…を構成するダイヤモンドの屈折率は約2.5とSiO₂のそれより大きい。従って、n型Ga_{0.5}N_{0.5}層2とp型Ga_{0.5}N_{0.5}層3との界面近傍で発生した光の内、光散乱層21が無い場合には臨界角より浅い角度で光取り出し面6に入射し、外部に取り出すことができない光が、図5(a)に示すように屈折領域21b…で屈折され光の進行方向が変わるために、外部へ取り出すことができるようになる。この結果、LED装置の光取り出し効率が高まる。

【0067】また、前記屈折領域21b…の代わりにA

1等の金属材料からなる複数の反射領域21b…を設けてもよく、この場合には、図5(b)に示すように、反射領域21b…表面で光が反射することにより、光の進行方向が変わる。この結果、光散乱層21が無い場合には外部に取り出すことができない光が、光散乱層21を設けることにより外部へ取り出されるようになるので、発光装置の光取り出し効率を向上することができる。

【0068】以上のように、本発光装置では光取り出し効率向上効果が得られる他に、Ga₂N層2、3に加工損傷を導入することがなく、発光装置の発光効率を低下させることがない。

【0069】更に、Ga₂N層2、3表面の酸化が防止されるので、発光装置の特性が安定化される効果がある。

【0070】また、本実施形態においては、粒径の揃った粒子を含有する溶媒をスピコート法により塗布し、これをベーキングすることで屈折領域或いは反射領域21b…を有する光散乱層21を形成するので、前記光取り出し効率向上効果の再現性は良好である。これに加えて、凹凸を形成するためにフォトリソグラフィとエッチング工程を必要としないので、実施形態1の発光装置より更に製造が簡略化される。

【0071】尚、前記光散乱層21による外部への光取り出し効率向上効果をより高めるためには、前記光散乱層21の屈折領域或いは反射領域21b…の直径tが、発光装置の発光波長λ及び前記屈折領域21bを構成する材料の屈折率nに対して前述の数1を満足することが好ましいことは、上述と同様である。また、本実施形態では光散乱層21の形成にSiO₂系被膜形成用塗布液を用いたが、ポリイミド系樹脂等の他の材料からなる被膜形成用塗布液を用いても良い。

【0072】加えて、光散乱層21の屈折領域21b…を、ダイヤモンドからなる粒子としたが、サファイア(Al₂O₃)等の他の材料からなる粒子を用いても良い。但し、屈折領域21b…を構成する材料と薄膜層21aを構成する材料との屈折率差は大きい方が好ましい。また、屈折領域21b…は、固体材料ではなく空気等の気体、或いは、真空であっても良い。

【0073】また、薄膜層21aの表面は、平坦面であっても良いが、凹凸表面を有するものであっても構わない。

【0074】更に、本発明における薄膜層21aは、前述した通りn型側電極7とp型側電極8との短絡を生じさせる恐れがなければ特に絶縁膜から構成する必要はなく、透光性を有する材料から構成すれば良い。

【0075】加えて、上述では、LED発光装置について説明したが、面発光レーザ等の他の発光装置に適用することができる。加えて、本発明は、Ga₂N系半導体を用いたものに限らず、他の発光装置に対しても用いることができる。

【0076】〔実施形態4〕図6は、第4の実施形態に

係わるGa₂N系半導体からなるLED発光装置の模式断面図である。尚、同図において、図1に示した実施形態1と同じ部分には同一の符号を付して説明を割愛する。

【0077】図6中、31が表面に凹凸を有する光散乱層であり、該光散乱層31は光取り出し面6上に島状に形成されたスピネル(MgAl₂O₄)からなる底面積約0.1μm²、高さ約0.2μmの複数の凸領域32…と、該凸領域32…が埋め込まれるように該凸領域32…と光取り出し面6上全域に形成された膜厚0.3μmのSiO₂からなる薄膜層33により構成されている。

【0078】敷るLED発光装置の一製造工程を簡単に説明する。

【0079】本LED装置の第1～3工程では、実施形態1で説明した一製造工程の第1～3工程(図2(a)～(c))と同様の工程を行う。

【0080】次に、第4工程では、光取り出し面6上、及び、該面6上の一部に形成されたn型側、p型側電極7、8の表面全域に、成長温度900℃にて、原料として塩化水素(HCl)ガス輸送のアルミニウム(Al)、水素(H₂)ガス輸送の塩化マグネシウム(MgCl₂)、及び二酸化炭素(CO₂)を用いた気相エピタキシャル法により、MgAl₂O₄を成長する。この方法では、MgAl₂O₄が島状に成長し、底面積約0.1μm²、高さ約0.2μmのMgAl₂O₄からなる複数の凸領域32…が形成される。

【0081】その後、第5工程では、前記凸領域32…が埋め込まれるように、光取り出し面6上、及び、該面6上の一部に形成されたn型側、p型側電極7、8、更には前記複数の凸領域32…の表面全域に、膜厚0.3μmのSiO₂からなる薄膜層33を真空蒸着することによって、表面に凹凸を有する光散乱層31を形成する。

【0082】最後に、第6工程では、n型側、p型側電極7、8上方の前記光散乱層31の一部を、フォトリソグラフィとフッ酸系及びリン酸系のエッチャントを用いたウェットエッチングにより、電極へのコンタクト用に除去して、図6に示す発光装置が得られる。

【0083】本実施形態の発光装置は、表面に凹凸を有する光散乱層31を備えるので、実施形態1、2、及び3と同様に、外部への光取り出し効率を向上することができる。

【0084】また、Ga₂N層2、3に加工損傷を導入することがなく、本発光装置の発光効率を低下させることがない。

【0085】更に、Ga₂N層2、3表面の酸化が防止されるので、発光装置の特性が安定化される効果がある。

【0086】また、本実施形態においては、MgAl₂O₄からなる複数の凸領域32…の寸法を成長温度と成長時間で制御できるので、寸法の揃った凸領域32…を形成できる。更に、これらの凸領域32…形成後に、光

取り出し面6上、該面6上の一部に形成されたn型側、p型側電極7、8、及び前記複数の凸領域32…の表面全域に、薄膜層33を形成して、表面に凹凸を有する光散乱層31が得られるが、薄膜層33は真空蒸着により形成するので、その膜厚制御性は良好である。従って、前記凹凸の寸法精度は良好である。

【0087】但し、前記凹凸の寸法精度に関しては、実施形態1がより高い。一方、LED発光装置製造の容易さに関しては、本実施形態では凹凸を形成するためにフォトリソグラフィとエッチング工程を必要としないので、実施形態1の発光装置より更に製造が簡略化される。

【0088】尚、前記光散乱層31による外部への光取り出し効率向上効果をより高めるためには、実施形態1、2、及び3と同様数1関係を満足することが好ましい。

【0089】また、本実施形態では光散乱層31の表面に凹凸を設けるために、 $MgAl_2O_4$ の島状成長を利用したが、前記凸領域32…には他の材料を用いても良い。加えて、前記凸領域32…を覆う膜33には SiO_2 を用いたが、窒化珪素等の他の絶縁物を用いても良い、或いは絶縁物に限らず他の透光性材料を用いてもよい。

【0090】更に、上述では、LED発光装置について説明したが、面発光レーザ等の他の発光装置に適宜用いることができる。

【0091】加えて、本発明は、GaN系半導体以外の材料からなる、或いは半導体材料を用いない発光装置についても用いることができる。

【0092】

【発明の効果】本発明の発光装置は、発光層で発生した光を光取り出し面を通して外部へ放射させる発光装置であって、前記光取り出し面上に光散乱層を備えているので、従来は光取り出し面で発光装置内部方向へ反射され、外部へ取り出すことができなかった光を有効に外部に取り出すことが可能となり、外部への光取り出し効率が向上した発光装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係わる発光装置の模式断面図である。

【図2】上記第1の実施形態に係わる発光装置の一製造工程を示す工程別模式断面図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係わる発光装置の模式断面図である。

【図4】本発明の第3の実施形態に係わる発光装置の模式断面図である。

【図5】本発明の第3の実施形態において光取り出し効率が高まるメカニズムを説明するための発光装置の模式断面図である。

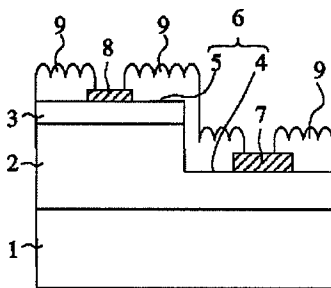
【図6】本発明の第4の実施形態に係わる発光装置の模式断面図である。

【図7】光取り出し面における光の屈折、反射の様子を示す装置動作時のLED発光装置の模式断面図である。

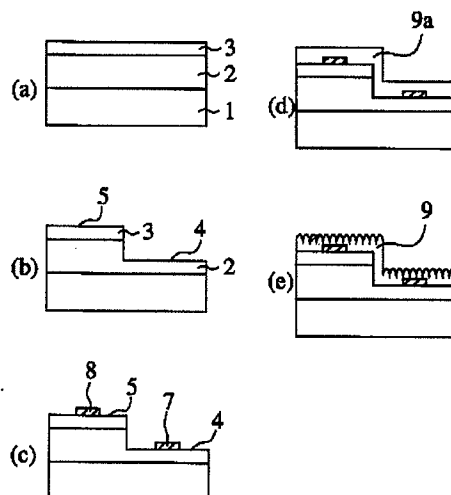
【符号の説明】

- 2 n型GaN層（発光層）
- 3 p型GaN層（発光層）
- 4 n型側電極形成領域
- 5 p型側電極形成領域
- 6 光取り出し面
- 9 光散乱層

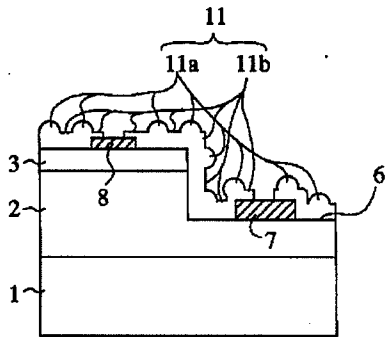
【図1】



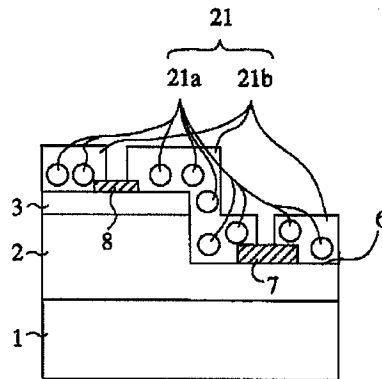
【図2】



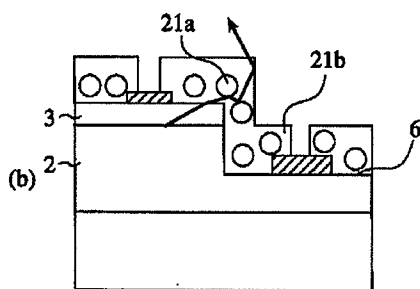
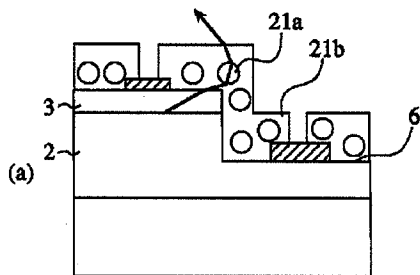
【図3】



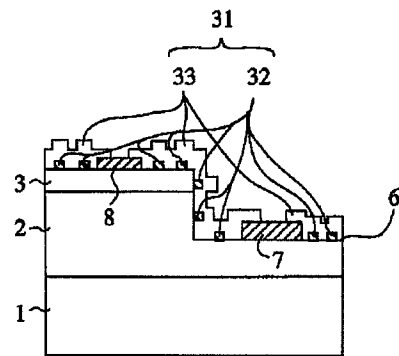
【図4】



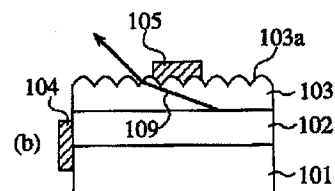
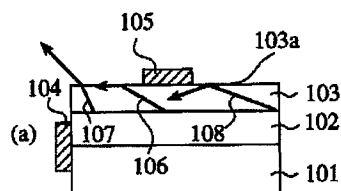
【図5】



【図6】



【図7】



JP 10-163525 A

(11)Publication number : 10-163525 (51)Int.Cl. H01L 33/00
(43)Date of publication of application : 19.06.1998
(21)Application number : 08-320372 (71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD
(22)Date of filing : 29.11.1996 (72)Inventor : HATA MASAYUKI
TAKEUCHI KUNIO

(54) LIGHT-EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the light extraction efficiency of a light-emitting device which radiates the light emitted from a light-emitting layer to the outside and to easily manufacture the element by providing a light-scattering layer on the light-extracting surface of the light-emitting device.

SOLUTION: An n-type GaN layer 2, a p-type GaN layer 3, an n-type side-electrode forming region 4, and a p-type side-electrode forming region 5 are formed on a sapphire substrate 1, and n- and p-type side electrodes 7 and 8 are respectively formed on the n- and p-type side-electrode forming regions 4 and 5. The n- and p-type GaN layers 2 and 3 become light-emitting layers and the section from the region 5 to the region 4 becomes a light-extracting surface 6. A light-scattering layer 9, which is composed of silicon dioxide and has an uneven surface, is formed into a nearly entire region of the surface 6. Since the uneven surface is formed not only on the surface of the GaN layer, but also on the surface of the light-scattering layer 9, the machining damages to the GaN layers 2 and 3 can be prevented, and the deterioration in the light-emitting efficiency of a light-emitting device is prevented.

Disclaimer

This is a machine translation performed by INPIT (<http://www.ipdl.inpit.go.jp>) and received and compiled with PatBot (<http://www.patbot.de>). PatBot can't make any guarantees that this translation is received and displayed completely!

Notices from INPIT

Copyright (C) JPO, INPIT

The JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] A luminescent device which is a luminescent device made to emit light generated in a luminous layer to the exterior through an optical extraction side, and is characterized by having a light scattering layer on said optical extraction side.

[Claim 2] The luminescent device according to claim 1, wherein said light scattering layer has insulation.

[Claim 3] The luminescent device according to claim 1 or 2, wherein said light scattering layer has an irregular surface.

[Claim 4] The luminescent device according to claim 3, wherein heights of an irregular surface of said light scattering layer comprise a part of spherical particles.

[Claim 5] A thin film layer which said light scattering layer covered the surface of two or more convex domains provided on said optical extraction side at island shape, and a convex domain of this plurality, and it had on said optical extraction side, and the luminescent device according to claim 3 characterized by a thing, ** and others.

[Claim 6] The luminescent device according to claim 5, wherein said convex domain consists of MgAl_2O_4 .

[Claim 7] The luminescent device according to claim 3 to 6, wherein width and a level difference of said unevenness are equal to a value which λ (ed) wavelength of light generated in said luminous layer by a square root of a refractive index of said light scattering layer or large.

[Claim 8] The luminescent device comprising according to claim 1 or 2: Said light scattering layer is a thin film layer.

Two or more refractive regions which were provided into this thin film layer and which have a different refractive index from the thin film layer concerned.

[Claim 9] The luminescent device according to claim 8, wherein said refractive regions are approximately spherical.

[Claim 10] The luminescent device according to claim 9 a diameter of said refractive regions is equal to a value which λ (ed) wavelength of light generated in said luminous layer by a square root of a refractive index of said refractive regions, or being large.

[Claim 11] The luminescent device according to claim 1 or 2, wherein said light scattering layer becomes an inside from a thin film layer in which two or more reflection regions were established.

[Claim 12] The luminescent device according to claim 11, wherein said reflection region consists of metal.

[Claim 13] The luminescent device according to claim 11 or 12, wherein said reflection region is approximately spherical.

[Claim 14] The luminescent device according to claim 13 a diameter of said reflection region is equal to a value which λ (ed) wavelength of light generated in said luminous layer by a square root of a refractive index of said refractive regions, or being large.

[Claim 15] The luminescent device according to claim 1 to 14, wherein said luminous layer consists of a gallium nitride (GaN) system semiconductor containing gallium (Ga) and nitrogen (N).

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the luminescent device made to emit the light generated in the luminous layer to the exterior through an optical extraction side.

[0002]

[Description of the Prior Art] A semiconductor laser (LD) and a light emitting diode (LED) using the semiconductor as a typical thing of a light emitting device are known. Since the light to which the phase was equal is obtained, LD is applied as a light source for recording and reproducing devices, such as a light source for optical communications, and a compact disk.

[0003] On the other hand, LED has low power consumption and the feature of being long lasting, and is used for the light source for a display, for example, the plotting board, an outdoor advertising board, etc. of a station yard. For use on a such application top, especially the outdoors, high-intensity LED is required.

[0004] In recent years, the application to the full color large sized display of LED is expected very much from being developed for high-intensity blue LED. However, in order to compete with the full color large sized display using the existing CRT system etc., high-intensity [of LED / further] and low power consumption are desired.

[0005] One technical means for realizing this are raising the optical extraction efficiency to the exterior of LED. As this example, in a JP, 6-291368, A (H01L33/00) item. In the LED device which forms the gallium nitride (GaN) system semiconductor layer containing gallium (Ga) and nitrogen (N) on silicon on sapphire, The method of forming unevenness in the semiconductor layer surface by the side of an optical extraction side is proposed by etching the surface for GaN system semiconductor each class after crystal growth, or carrying out crystal growth of GaN system semiconductor each class on the OFF board from C side of silicon on sapphire.

[0006] By providing such unevenness explains a mechanism with optical increasing extraction efficiency using the type section figure of the LED device shown in drawing 7. Drawing 7 (a) shows the LED device with which the conventional LED device with a flat semiconductor surface was formed to the figure (b) in the rugged surface in the semiconductor surface again, respectively.

[0007] The n type GaN system semiconductor layer by which 101 were formed in the substrate among the figure, and 102 was formed on the substrate 101, and 103 are the p type GaN system semiconductor layers formed on the n type semiconductor layer 102. The n type lateral electrode in which 104 was formed on the side of the n type GaN system semiconductor layer 102, and 105 are the p type lateral electrodes formed on the p type GaN system semiconductor layer 103.

[0008] Although this LED device operates and the light generated near the interface (pn junction interface) of the n type semiconductor layer 102 and the p-type semiconductor 103 is taken out outside through the optical extraction side 103a by impressing voltage to the forward direction between these electrodes 104 and 105, Since the refractive indicees of the exterior and the semiconductor layer 103 differ and light refracts or reflects on said optical extraction side 103a surface, a part of lights cannot be taken out outside.

[0009] Among drawing 7 (a), the <TXFFR=0001 HE=250 WI=080 LX=0200 LY=0300> light generated near the interface of the n type semiconductor layer 102 and the p-type semiconductor 103 is refracted on the optical extraction side 103a surface, and 106 are a light which advances along this surface, and call a critical angle the incidence angle of the light to the optical extraction side 103a surface at this time.

[0010] In the case of the conventional LED device shown in drawing 7 (a), the light 107 which entered into the optical extraction side 103a at the angle deeper than this critical angle is refracted on the optical extraction side 103a surface, and is taken out outside. On the optical extraction side 103a surface,

the light 108 which entered at the angle shallower than a critical angle on the other hand is reflected, and Said optical extraction side 103a surface, the interface of the substrate 101 and the semiconductor layer 102, Or the multiple echo was carried out with the rear face of the substrate 101, and since it will be absorbed by the semiconductor layers 102 and 103 or the substrate 101, it was not able to take out outside.

[0011]On the other hand, when the optical extraction side 103a shown in drawing 7 (b) has unevenness. Since the optical extraction side 103a has unevenness, as for the light 108 shown in drawing 7 (a), and the light 109 which advances toward the optical extraction side 103a at the almost same angle, the incidence angle of the light 109 to this surface 103a becomes deeper than said critical angle, and it will be taken out outside.

[0012]That is, the light 108 which cannot be taken out if the optical extraction side 103a surface is flat can be taken out by providing unevenness in the optical extraction side 103a surface, therefore the optical extraction efficiency to the exterior of a LED device can be raised.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, in the method of etching the p type GaN system semiconductor layer surface 103a which is an optical extraction side after crystal growth about GaN system semiconductor each class 102 and 103. The etch rate of the GaN system semiconductor was slow, precise processing was difficult, or since the processing damage to the crystal by etching was introduced over the surface almost all region (103a) of a LED device, SUBJECT of ** that there was a possibility of causing decline in luminous efficiency occurred.

[0014]In the method of forming unevenness in the optical extraction side 103a by carrying out crystal growth of GaN system semiconductor each class on the OFF board from C side of silicon on sapphire, although this unevenness is automatically formed of crystal growth, The crystal growth of mum order is required for the usual LED, and since it is not clear at what kind of time of this crystal growth process unevenness is formed, it is difficult to control the size. As a result, the optical extraction efficiency to the exterior may fully be unable to improve.

[0015]This invention is accomplished in view of an above-mentioned problem, and is a thing.

Extraction efficiency of the purpose is high and it is providing easily the luminescent device which can be manufactured with sufficient controllability.

[0016]

[Means for Solving the Problem]A luminescent device of this invention is a luminescent device made to emit light generated in a luminous layer to the exterior through an optical extraction side, is characterized by having a light scattering layer on said optical extraction side, and is characterized by said light scattering layer having insulation.

[0017]It is characterized by said light scattering layer having an irregular surface.

[0018]At this time, this invention that heights of an irregular surface of said light scattering layer comprised a part of spherical particles or said light scattering layer, It is characterized by a thing, ** and others, and said convex domain serving as a thin film layer which covered the surface of two or more convex domains provided on said optical extraction side at island shape, and a convex domain of this plurality, and it had on said optical extraction side from MgAl₂O₄.

[0019]It is characterized by width and a level difference of said unevenness being equal to a value which ** (ed) wavelength of light generated in said luminous layer by a square root of a refractive index of said light scattering layer, or being large.

[0020]Two or more refractive regions where, as for this invention, said light

scattering layer has a different refractive index from the thin film layer concerned provided into a thin film layer and this thin film layer, It is characterized by a thing, ** and others, and is characterized by being equal to a value which ** (ed) wavelength of light in which a diameter of said refractive regions generates further that said refractive regions are approximately spherical in said luminous layer by a square root of a refractive index of said refractive regions, or being large.

[0021] It is characterized by this invention consisting of a thin film layer in which a reflection region of plurality [light scattering layer / said / inside] was established, It is characterized by being equal to a value which ** (ed) wavelength of light in which a diameter of said reflection region generates further that said reflection region is approximately spherical about said reflection region consisting of metal in said luminous layer by a square root of a refractive index of said refractive regions, or being large.

[0022] In addition, this invention is characterized by said luminous layer consisting of a gallium nitride (GaN) system semiconductor containing gallium (Ga) and nitrogen (N).

[0023]

[Embodiment of the Invention]

[Embodiment 1] Drawing 1 is a type section figure of the LED luminescent device which consists of a GaN system semiconductor concerning a 1st embodiment.

[0024] The n type GaN layer of 3 micrometers of thickness by which one was formed in silicon on sapphire among drawing 1, and 2 was formed on the substrate 1, the p type GaN layer of 0.2 micrometer of thickness by which 3 was formed on the n type GaN layer 2, and 4 so that the n type GaN layer 2 may be exposed, The n type lateral electrode formation area which it comes to remove from the p type GaN layer 3 in the prescribed position in the layer of the n type GaN layer 2 very much, and 5 are p type electrode formation areas simultaneously formed by said removal.

[0025] Here, a n type and the p type GaN layers 2 and 3 correspond to the luminous layer of this luminescent device, and the field which reaches the n type electrode formation area 4 serves as the optical extraction side 6 from the p type lateral electrode formation area 5.

[0026] The n type lateral electrode which consists of Ti by which 7 was formed on the n type lateral electrode formation area 4, and 8 are p type lateral electrodes which consist of Au and nickel which were formed on the p type lateral electrode formation area 5.

[0027] 9 is a light scattering layer which consists of a silicon dioxide (SiO₂) formed in the almost all region of the optical extraction side 6, and if it is in this embodiment, this light scattering layer has an irregular surface whose width and level difference are about 0.3 micrometer, respectively.

[0028] Since the above-mentioned light scattering layer 9 is formed ranging over the n type lateral electrode 7 and the p type lateral electrode 8 if it is in this embodiment, in order to prevent the short circuit between these two electrodes 7 and 8, constitute the light scattering layer 9 from an insulator layer of SiO₂, but. If it is when forming only on the electrode of one side, it is not necessary to constitute the light scattering layer 9 in particular from an insulator layer, and what is necessary is just to constitute from material which has translucency.

[0029] One manufacturing process of a **** luminescent device is briefly explained using drawing 2. The same portion as drawing 1 attaches the same numerals.

[0030] first -- the 1st process shown in drawing 2 (a) -- the whole silicon-on-sapphire 1 top surface -- the growing temperature of 1000 ** -- MOCVD (organic metal gaseous phase deposition) -- crystal growth of the n type GaN layer 2 of 3 micrometers of thickness and the p type GaN layer 3 of 0.2 micrometer of thickness is carried out in this order by law. Here, Si and Mg are used for a n type and a p type dopant, respectively.

[0031]Next, in the 2nd process shown in drawing 2 (b), it leaves the field of the request on the p type GaN layer 3 as the p type lateral electrode formation area 5 by photo lithography, using Cl₂ (chlorine) as reactive gas -- RIBE (reactant ion beam etching) -- by law. In order to remove about 2 micrometers of thickness of said p type GaN layer 3 and the n type GaN layer 2, and to form the n type lateral electrode formation area 4, then to activate the career of the p type GaN layer 16, it heat-treats at 700 ** among a nitrogen gas atmosphere.

[0032]Next, in the 3rd process shown in drawing 2 (c), the n type lateral electrode 7 which consists of Ti, and the p type lateral electrode 8 which consists of Au and nickel on the p type lateral electrode formation area 5 are formed with vacuum deposition on the n type lateral electrode formation area 4.

[0033]In the 4th process shown in drawing 2 (d), vacuum deposition of the insulator layer 9a which consists of SiO₂ of 0.6 micrometer of thickness throughout the surface of said structure is carried out.

[0034]By then, the wet etching using the photo lithography which used the interference exposure method for said insulator layer 9a surface in the 5th process shown in drawing 2 (e), and etchant of a fluoric acid system. When width and a level difference form the unevenness which is about 0.3 micrometer, respectively, the light scattering layer 9 which has an irregular surface is produced.

[0035]Finally, as for a n type side, in the 6th process, the LED luminescent device which removes a part of p type lateral electrode 7 and said light scattering layer 9 of 8 upper parts in the contact to an electrode, and shows it to drawing 1 by the wet etching which used etchant of photo lithography and a fluoric acid system is obtained.

[0036]Light generates the luminescent device of this embodiment completely like the usual LED device near the interface (pn junction interface) of the n type GaN layer 2 and the p type GaN layer 3 by impressing voltage to the forward direction between said electrodes 7 and 8.

[0037]As mentioned above, with the usual luminescent device which does not have the light scattering layer 9, since it is reflected in a luminescent device internal direction in respect of [6] optical extraction, the light which entered at the angle shallower than a critical angle to the optical extraction side 6 among the lights generated near [said] the pn junction interface cannot be taken out to the exterior here. On the other hand, since the luminescent device of this embodiment is provided with the light scattering layer 9 which has an irregular surface, in said usual luminescent device, the light which should enter at a shallow angle will come to enter at an angle deeper than a critical angle, and will be taken out from a critical angle outside. As a result, the optical extraction efficiency to the exterior can be improved in this luminescent device.

[0038]Since the light scattering layer 9 with which the luminescent device of this embodiment is provided consists of SiO₂, as compared with a GaN system semiconductor, etching processing is easy for it and it can form an irregular surface with sufficient controllability in a short time. Therefore, the luminescent device provided with the light scattering layer 9 which has the irregular surface which was excellent in dimensional accuracy by this invention can be manufactured easily.

[0039]Since said irregular surface is formed in the light scattering layer 9 surface instead of the surface of GaN semiconductor layer 3, processing damage is not introduced into GaN layers 2 and 3, therefore the luminous efficiency of this luminescent device does not fall.

[0040]In addition, the luminescent device of this embodiment can prevent the oxidation to which they are based on the atmosphere being used since GaN layer 2 and the 3 surface are thoroughly covered with the p type lateral electrodes 7 and 8 and the light scattering layer 9 as for the n type side, and the effect that the characteristic of a luminescent device is stabilized is also acquired.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a type section figure of the luminescent device concerning a 1st embodiment of this invention.

[Drawing 2] It is a type section figure classified by process showing one manufacturing process of the luminescent device concerning a 1st embodiment of the above.

[Drawing 3] It is a type section figure of the luminescent device concerning a 2nd embodiment of this invention.

[Drawing 4] It is a type section figure of the luminescent device concerning a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 5] It is a type section figure of the luminescent device for explaining a mechanism with optical extraction efficiency increasing in a 3rd embodiment of this invention.

[Drawing 6] It is a type section figure of the luminescent device concerning a 4th embodiment of this invention.

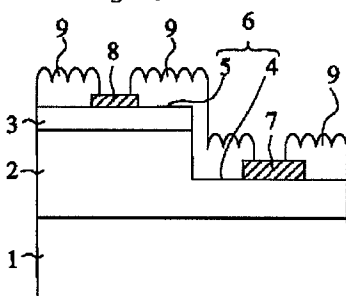
[Drawing 7] It is a type section figure of the LED luminescent device at the time of the optical refraction in an optical extraction side, and the device operations which show a reflective situation.

[Description of Notations]

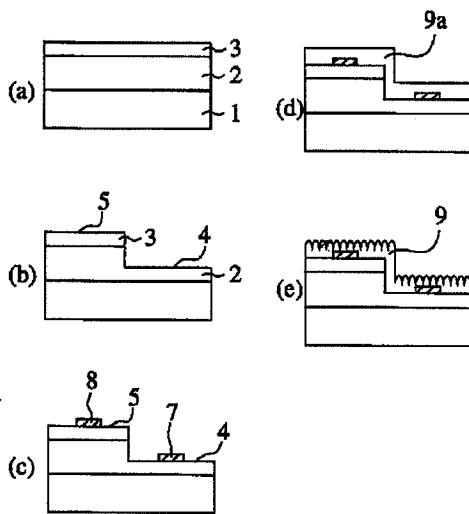
- 2 N type GaN layer (luminous layer)
- 3 P type GaN layer (luminous layer)
- 4 N type lateral electrode formation area
- 5 P type lateral electrode formation area
- 6 Optical extraction side
- 9 Light scattering layer

DRAWINGS

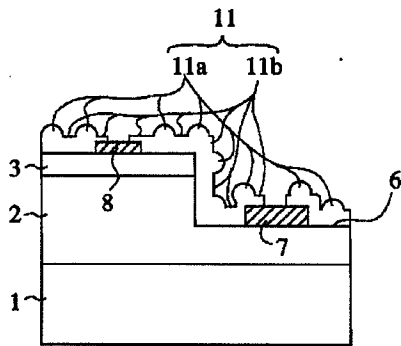
[Drawing 1]



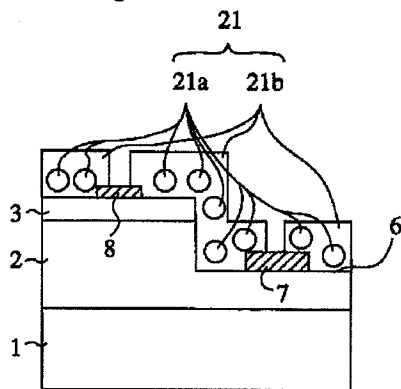
[Drawing 2]



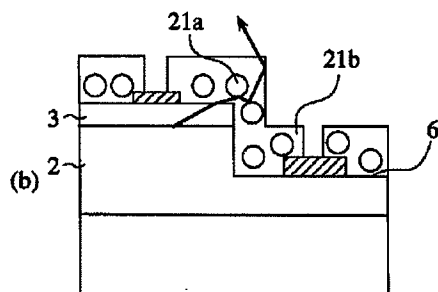
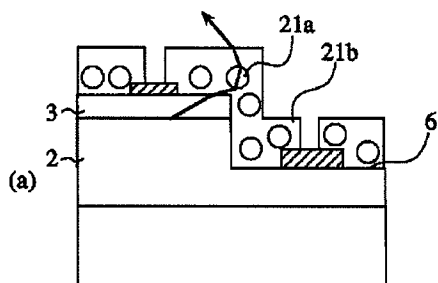
[Drawing 3]



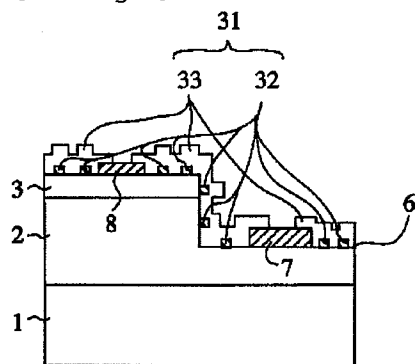
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



[Drawing 7]

